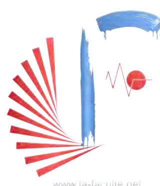
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful






Electrocardiogramme normal

I- Rappels généraux

1- Rappels anatomiques

Le coeur est logé dans le médiastin antérieur, dans la partie antérieure et médiane du thorax. La position du coeur est orientée vers le côté gauche et vers l'avant au niveau du 5e espace intercostal gauche. De chaque côté, la région du coeur est délimitée par les poumons, au-dessus par la trachée et les gros vaisseaux. A sa base il repose sur le diaphragme. Le médiastin est limité en avant par le sternum et par le rachis dorsal en arrière.

2- Rappels histologiques

Il existe trois tuniques :

2.1- **l'endocarde**: c'est une mince membrane qui tapisse la face interne des quatre cavités cardiaques et qui se prolonge par l'intima des gros vaisseaux.

2.2- **le myocarde**: c'est le tissu musculaire du coeur dont l'épaisseur dépend de la fonction des cavités. Mince au niveau des oreillettes, il est particulièrement épais au niveau ventriculaire.

2.3- **le péricarde**: c'est une enveloppe séreuse externe du coeur constituée de deux feuillets : l'un viscéral, adhérant au myocarde ; l'autre pariétal : l'épicarde. L'espace péricardique, entre les deux feuillets, contient une faible quantité de liquide (50 à 75 ml) pour faciliter les mouvements du coeur.

3- Rappels anatomiques

Le coeur est composé de 4 cavités:

- L'oreillette droite (OD) reçoit de la veine cave supérieure (VCS) et de la veine cave inférieure (VCI) le sang veineux périphérique qui se jette ensuite dans :

- Le ventricule droit (VD) qui, en se contractant chasse le sang dans l 'artère pulmonaire (AP). Le vest bule de l'artère pulmonaire est pourvu d'un "système anti-reflux ", les trois valvules sigmoïdes pulmonaires (VSP)

Entre le ventricule droit et l'oreillette droite se trouve la valvule tricuspide (VT) , constituée de trois valves. Lors de la contraction ventriculaire, l'augmentation de la pression intraventriculaire ferme ces trois valves et empêche le reflux du sang dans l'oreillette droite.

- L'oreillette gauche (OG) reçoit des veines pulmonaires droites (VPD) et gauches (VPG) le sang veineux pulmonaire qui se jette ensuite dans :

- Le ventricule gauche (VG) qui en se contractant chasse le sang dans l'aorte (Ao), elle aussi pourvue d'un système valvulaire sigmoïde : les valvules sigmoïdes aortiques (VSAo).

Entre l'oreillette gauche et le ventricule gauche se greffent des feuillets qui forment la valvule mitrale (VM) , empêchant le reflux du sang dans l'oreillette gauche lors de la contraction ventriculaire gauche.

4- La vascularisation du cœur

Les artères coronaires droite et gauche naissent directement de la base de l'aorte et alimentent le myocarde au moyen de ramifications.

- **l'artère coronaire droite** prend naissance du côté droit de l'aorte dans le sinus de Valsalva droit. Puis son trajet va du sillon auriculo-ventriculaire droit vers le bord droit du coeur, qu'elle contourne pour longer le sillon auriculo-ventriculaire postérieur jusqu'à la Croix du coeur. Elle se divise un peu en avant en artère interventriculaire postérieure et en artère rétroventriculaire gauche. Ses deux branches terminales : l'artère interventriculaire postérieure atteint le sillon interventriculaire inférieur jusqu'à la position du coeur, et l'artère rétroventriculaire gauche donne naissance à plusieurs artères posterolatérales qui cheminent dans la partie gauche du sillon auriculo-ventriculaire, face diaphragmatique en direction du bord gauche. Il existe par ailleurs des branches collatérales, telles les artères auriculaires, les artères septales, l'artère marginale droite, la branche du conus, l'artère du noeud sinusal et l'artère du noeud auriculo-ventriculaire.

- **l'artère coronaire gauche** prend naissance du côté de l'aorte gauche dans le sinus de Valsalva gauche. Le tronc commun de l'artère coronaire gauche mesure environ 1 cm de long, se dirige vers la gauche et se divise en deux branches terminales :

* l'artère interventriculaire antérieure, naît dans le sillon inter ventriculaire antérieur, y descend et se trouve au bord droit du coeur qu'elle contourne légèrement. Avec ses collatérales elle nourrit la face antérieure latérale du ventricule gauche. Elle donne aussi naissance à des branches septales qui irriguent les deux tiers antérieurs du septum.

* l'artère circonflexe, qui court le long du sillon auriculo-ventriculaire gauche, contourne le bord du coeur pour se terminer à la face posterolatérale du ventricule gauche. Ses collatérales nourrissent la face latérale et la face posterolatérale du ventricule gauche.

Chez quatre-vingts à quatre-vingt-dix pour cent des individus, la circulation est ainsi à prédominance droite avec l'artère interventriculaire postérieure et les artères posterolatérales prenant bien naissance dans la coronaire droite. Mais il existe des variations anatomiques :

* une circulation gauche si l'artère interventriculaire postérieure et les artères posterolatérales partent de l'artère circonflexe (8 à 13 % des cas).
* une circulation balancée, quand l'artère interventriculaire postérieure prend ses origines dans l'artère coronaire droite et quand les artères posterolatérales prennent naissance dans l'artère circonflexe (environ 5 à 7 % des cas).

On peut donc décrire les territoires ...

...vascularisés par l'artère coronaire droite.	*...vascularisés par l'artère coronaire gauche.*
-- oreillette droite -- ventricule droit -- tiers postérieur du septum -- face inférieure du ventricule gauche	-- oreillette gauche -- face antérieure, bord gauche du ventricule gauche -- deux tiers antérieurs supérieurs du septum -- conduction électrique ventriculaire (faisceau de His, réseau de Purkinje droit et gauche)

...souvent regroupés en trois territoires principaux :

- territoire antérieur avec l'artère interventriculaire antérieure (>50% VG)
- territoire inférieur avec l'artère coronaire droite
- territoire latéral avec l'artère circonflexe

5- ***La conduction électrique du cœur***

Il s'agit d'un réseau "électrique " constitué de cellules cardiaques, qui ont des propriétés différenciées pour la conductibilité et l'excitabilité.

Nœud de Keith et Flack, ou nœud sinusal

Cette structure épicardique de 15 mm sur 5 mm se situe à la jonction de la partie inférieure de la veine cave supérieure et de le face antérieure de l'oreillette droite . Il génère des décharges spontanées à la fréquence de 60 à 100 par minute, ce qui en fait le centre d'automatismes primaire. Il est régulé par les tonus sympathique et orthosympathique.

Nœud d'Achoff Tawara

Il s'agit d'une structure de 6 mm sur 5 mm proche de la valve tricuspide, et de la cloison inter auriculaire à la base de l'oreillette droite. Il est constitué de deux voies, l'une à conduction lente (alfa), l'autre à conduction rapide (bêta). Il ralentit l'influx d'un dixième de seconde, protégeant ainsi les ventricules d'un rythme primaire trop rapide.

Les voies internodales

Elles font jonction entre le noeud sinusal, les oreillettes et le noeud auriculo-ventriculaire.

-- faisceau internodal antérieur.
-- faisceau de Bachman.
-- faisceau internodal moyen de Wenchebach.
-- faisceau internodal post de Thorel.
-- les voies accessoires de Jame, Mahaim et Kent.

Le faisceau de His

Long de un à deux centimètres, il est situé sous l'angle d'insertion des valves tricuspides et fait la jonction entre le noeud auriculo-ventriculaire et le ventricule par ses deux branches.

Le faisceau de His est par ailleurs un centre d'automatismes secondaire, car s'il propage, certes, l'influx de l'étage auriculaire à l'étage ventriculaire, il est aussi capable de décharger spontanément des impulsions à fréquence de 40 à 60 par minute.

Il se sépare en deux branches :

-- la branche droite : prolongement direct du faisceau de His, elle chemine le long du bord droit du septum interventriculaire se dispersant dans le ventricule droit.

-- la branche gauche : elle chemine en avant et à gauche de la valve mitrale, se subdivise en faisceaux antérieur et postérieur, avec même quelquefois une branche septale.

Le réseau de Purkinje

Ce sont les ramifications terminales des branches droite et gauche du faisceau de His qui s'etendent sur toute la musculature ventriculaire pour propager l'influx. Mais c'est aussi un centre d'automatismes tertiaire, capable de décharger spontanément des impulsions à la fréquence de 20 à 40 par minute.

Ce réseau électrique se superpose au réseau vasculaire dont il est dépendant. Certaines arythmies cardiaques peuvent ainsi être liées directement à l'artère coronaire concernée en cas d'obstruction :	
coronaire droite :	coronaire gauche
-- anomalie sinusale. -- anomalie auriculaire. -- bloc auriculo-ventriculaire de premier degré. -- bloc auriculo-ventriculaire de deuxième degré type I.	-- anomalie auriculaire. -- bloc auriculo-ventriculaire de deuxième degré type II. -- bloc auriculo-ventriculaire de troisième degré. -- bloc de branche. -- anomalie ventriculaire.

6- Rappels électrophysiologiques

6.1- **Fibre myocardique, activation et électrochimie**

Il existe deux types de fibres, d'histologie différente :

les fibres musculaires : contractiles +++

le tissu nodal : conductif +++

Les propriétés électrophysiologiques de la fibre myocardique, telles que l'excitabilité, l'automaticité et la conduct bilité dépendent des interactions entre les multiples charges électriques de l'environnement cellulaire. Quand un stimulus électrique excite une cellule cardiaque, des ions pénètrent dans celle-ci par des canaux sodiques, calciques et potassiques.

Overton a mis en évidence en 1902 ces échanges :

Au repos, la surface externe d'une cellule est chargée positivement. Lors d'une dépolarisation, les ions sodium traversent la membrane et la surface externe de celle-ci devient alors chargée négativement. Cette dépolarisation se propage de proche en proche le long de la membrane : c'est la formation de potentiels d'actions différents qui diffusent en entraînant une inversion du potentiel de membrane. Cette conduct bilité élevée pour l'ion Na+ fait place au K+ qui est chassé de la cellule. La membrane va ainsi retrouver la positivité de sa surface externe : c'est la repolarisation.

Au repos la composition intracellulaire en K+ est trente fois celle du Na+.

Ces échanges, liés au potentiel d'action, sont passifs et sont le résultat des gradients de concentration ionique transmembranaire dus à la perméabilité sélective de la membrane ; ils ne nécessitent pas d'énergie.

Il existe des échanges actifs, consommant de l'énergie qui vont permettre de retrouver le potentiel de repos avec les gradients de concentration transmembranaire de repos. C'est la pompe NA / K-ATPase qui fait sortir 3 ions Na+ pour l'entrée d'un ion K+. On obtient ainsi un potentiel de repos de –80 à –90 millivolts

6.2- **Potentiel d'action et fibres de centre automatique**

En utilisant une microélectrode, on peut étudier et reproduire graphiquement ces phénomènes de dépolarisation et de repolarisation :

La dépolarisation fait suite à la stimulation. C'est le passage du potentiel de membrane de -90 mvolts, le potentiel de repos (0), à 0 mvolt en quelques millisecondes. Il existe un seuil de dépolarisation membranaire à atteindre nécessairement pour que la stimulation dépolarise complètement la cellule. Ce seuil conditionne l'excitabilité cellulaire. Les variations du potentiel de membrane sont assez importantes pour que l'influx se propage de proche en proche aux cellules voisines et entraîne d'autres potentiels d'action.

La repolarisation se fait d'abord par une phase de repolarisation rapide initiale (phase1), résultant de l'inactivation du courant sodique entrant par les canaux sodiques rapides et d'un faible courant de chlore. Puis une repolarisation lente (phase 2), en plateau légèrement descendant et oblique, liée au courant calcique de la cellule. Enfin, intervient une phase de repolarisation terminale (phase 3), par une descente rapide du potentiel membrane correspondant au canal sortant de potassium (c'est l'onde T de l'ECG de surface). Pendant toute cette période de repolarisation la cellule n'est plus excitable : c'est la période réfractaire.

Enfin, entre deux dépolarisations (phase 4), la cellule a récupéré son potentiel de repos, avec une charge positive en surface, riche en sodium comparée à une charge plus pauvre en potassium à l'intérieur. Ceci constitue un gradient de concentration qui doit être maintenu, c'est le rôle de la pompe NA/K-ATPase.

Les cellules d'un centre automatique présentent une particularité : Le potentiel d'action est différent de celui des cellules myocardiques : la phase 4 est instable en repolarisation maximale et permet une dépolarisation spontanée dès qu'elle atteint le potentiel seuil. Les cellules automatiques ont, de ce fait, la propriété de s'activer et de se décharger spontanément, stimulant les oreillettes et les ventricules. Les tonus orthosympathiques, parasympathiques, et les inh biteurs du canal sodique influenceront la pente de dépolarisation spontanée (phase 4).

Les centres d'automatismes ont des fréquences de dépolarisation différentes : 60 à 100/min. pour le noeud sinusal, 40 à 60/min. pour le faisceau de His, 20 à 40/min. pour le réseau de Purkinje.

II- ***Présentation et réalisation de l'ECG***

1- *Histoire de l'électrocardiographie*

- ✓ ***1842 Le physicien italien Carlo Matteucci montre que chaque contraction du coeur s'accompagne d'un courant électrique***. *Matteucci C. Sur un phénomène physiologique produit par les muscles en contraction. Ann Chim Phys 1842;6:339-341*
- ✓ ***1843 Le physiologiste allemand Emil Dubois Reymond décrit un potentiel d'action accompagnant chaque contraction musculaire, confirmant les travaux de Matteucci.***
- ✓ ***1856 Rudolph von Koelliker et Heinrich Muller enregistrent un potentiel d'action.***
- ✓ 1869-70 Alexander Muirhead de St Bartholomew's Hospital à Londres aurait enregistré un électrocardiogramme humain, mais cela est discuté.
- ✓ 1872 Le physicien français Gabriel Lippmann invente l'électromètre capillaire. C'est un tube de verre à colonne de mercure et d'acide sulfurique. Le niveau de mercure changeant avec le potentiel d'action est vis ble au microscope.
- ✓ 1876 Marey utilise l'électromètre pour enregistrer l'activité électrique du coeur de grenouille. *Marey EJ. Des variations électriques des muscles et du coeur en particulier étudiées au moyen de l'électromètre de M Lippman. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des sciences 1876;82:975-977*
- ✓ 1878 Les physiologistes britanniques John Burden Sanderson et Frederick Page enregistrent le courant électrique cardiaque avec l 'électromètre capillaire et montrent qu'il est composé de deux phases (plus tard appelées QRS et T). *Burdon Sanderson J. Expérimental results relating to the rhythmical and excitatory motions of the ventricle of the frog. Proc R Soc Lond 1878;27:410-414*
- ✓ 1884 John Burden Sanderson et Frederick Page publient quelques-uns de ces enregistrements. *Burdon Sanderson J, Page FJM. On the electrical phenomena of the excitatory process in the heart of the tortoise, as investigated photographically. J Physiol (London) 1884;4:327-338*
- ✓ ***1887 Le physiologiste britannique Augustus D. Waller de St Mary's Medical School, à Londres, publie le premier électrocardiogramme humain. Il est enregistré sur Thomas Goswell, un technicien du laboratoire.*** *Waller AD. A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat. J Physiol (London) 1887;8:229-234*
- ✓ 1889 Le physiologiste allemand Willem Einthoven démontre sa technique au Premier Congrès International de Physiologie.
- ✓ 1890 GJ Burch d'Oxford imagine une correction arithmétique pour les observations de fluctuation de l'électromètre. Celui-ci permet de voir le vrai tracé de l'électrocardiogramme, mais seulement après des calculs fatigants. *Burch GJ. On a method of determining the value of rapid variations of a difference potential by means of a capillary electrometer. Proc R Soc Lond (Biol) 1890;48:89-93*
- ✓ 1891 Les physiologistes britanniques, William Bayliss et Edward Starling de l'University College de Londres, améliorent l'électromètre capillaire. Ils connectent le terminal au bras droit et sur le cuir chevelu et visualisent " une variation triphasique accompagnant chaque contraction cardiaque ". Ces déflexions seront appelées plus tard P, QRS, et T. *Bayliss WM, Starling EH. On the electrical variations of the heart in man. Proc Phys Soc (14th November) in J Physiol (London) 1891;13* and also *On the electromotive phenomena of the mammalian heart. Proc R Soc Lond 1892;50:211-214* Ils ont aussi mis en évidence un délai d'environ 0,13 sec entre la stimulation auriculaire et la dépolarisation ventriculaire (plus tard appelé l'intervalle PR). *On the electromotive phenomena of the mammalian heart. Proc Phys Soc (21st March) in J Physiol (London) 1891;12:xx-xxi*
- ✓ ***1893 Willem Einthoven introduit le terme ' électrocardiogramme ' à la Dutch Medical Association. (Plus tard il reconnaît que ce terme avait d'abord été utilisé par Waller)***. *Einthoven W: Nieuwe methoden voor clinisch onderzoek [New methods for clinical investigation]. Ned T Geneesk 29 II: 263-286, 1893*
- ✓ ***1895 Einthoven, utilisant un électromètre amélioré ainsi qu'une formule de correction développée indépendamment par Burch, met en évidence cinq déflexions qu'il appelle P, Q, R, S and T***. *Einthoven W. Ueber die Form des menschlichen Electrocardiogramms. Arch f d Ges Physiol 1895;60:101-123*
- ✓ 1897 Clement Ader, un ingénieur français en électricité apporte son système d'amplification appelé galvanomètre, utilisé pour les lignes télégraphique sous-marines. *Ader C. Sur un nouvel appareil enregistreur pour câbles sous-marins. C R Acad Sci (Paris) 1897;124:1440-1442*
- ✓ 1901 Einthoven modifie cet enregistreur pour produire des électrocardiogrammes. Son appareil pèse 600 livres. *Einthoven W. Un nouveau galvanomètre. Arch Neerl Sc Ex Nat 1901;6:625-633*
- ✓ 1902 Einthoven publie le premier électrocardiogramme enregistré avec cet appareil. *Einthoven W. Galvanometrische registratie van het menschilijk electrocardiogram. In: Herinneringsbundel Professor S. S. Rosenstein. Leiden: Eduard Ijdo, 1902:101-107*
- ✓ 1903 Einthoven négocie une production commerciale de son appareil avec Max Edelmann de Munich et avec Horace Darwin de la Cambridge Scientific Intstruments Company de Londres.
- ✓ 1905 Einthoven commence à transmettre des électrocardiogrammes depuis l'hôpital vers son laboratoire à 1.5 Km par câble téléphonique. Le 22 mars, le premier ' Télécardiogramme ' est enregistré sur un homme.
- ✓ ***1906 Einthoven publie la première classification des électrocardiogrammes. Normaux et anormaux : Hypertrophies ventriculaires gauches et droites, Hypertrophies auriculaires gauches et droites, ondes U, éléments sur le QRS, contractions ventriculaires prématurées, bigéminisme ventriculaire, flutter auriculaire et bloc auriculo-ventriculaire complet***. *Einthoven W. Le telecardiogramme. Arch Int de Physiol 1906;4:132-164 (translated into English. Am Heart J 1957;53:602-615.*
- ✓ 1908 Edward Schafer de l'Université d'Edinbourg, est le premier à acheter un galvanomètre pour une utilisation médicale.
- ✓ 1909 Thomas Lewis de l'University College Hospital de Londres, en achète un, ainsi qu'Alfred Cohn de l'hôpital du Mont Sinaï de New York.
- ✓ ***1910 Walter James, de Columbia University, et Horatio Williams de Cornell University Medical College, à New York, publient la première revue américaine d'électrocardiographie***. Ils y décrivent les hypertrophies ventriculaires, les ectopies auriculaires et ventriculaires, les fibrillations auriculaires et ventriculaires. *James WB, Williams HB. The electrocardiogram in clinical medicine. Am J Med Sci 1910;140:408-421, 644-669*
- ✓ 1911 Thomas Lewis publie le livre "*The mechanism of the heart beat. London: Shaw & Sons"* et le dédie à Einthoven.
- ✓ ***1912 Einthoven décrit un triangle équilatéral formé par les dérivations standards D1, D2, D3, appelé plus tard "triangle d'Einthoven". C'est aussi la première référence anglo-saxonne dans un article à l'abréviation E.K.G. (E.C.G).*** *Lancet 1912(1);853 et suivantes.*

- ✓ 1920 Hubert Mann du laboratoire de cardiologie de l'hôpital du Mont Sinaï de New York, décrit la dérivation d'un 'monocardiogramme' plus tard appelé 'vectorcardiogramme'. *Mann H. A method of analyzing the electrocardiogram. Arch Int Med 1920;25:283-294*
- ✓ ***1920 Harold Pardee, New York, publie le premier électrocardiogramme d'infarctus du myocarde récent chez un humain et décrit l'onde T comme agrandie: "Elle commence d'un point élevé sur la déflexion de l'onde R".*** *Pardee HEB. An electrocardiographic sign of coronary artery obstruction. Arch Int Med 1920;26:244-257*
- ✓ ***1924 Willem Einthoven, prix Nobel pour l'invention de l'électrocardiographe.***
- ✓ 1928 Ernstine et Levine rapportent l'utilisation d'un nouveau procédé d'amplification mécanique pour l'enregistreur. *Ernstine AC, Levine SA. A comparison of records taken with the Einthoven string galvanomter and the amplifier-type electrocardiograph. Am Heart J 1928;4:725-731*
- ✓ 1928 La compagnie de Frank Sanborn's (plus tard achetée par Hewlett-Packard) modifie leur électrocardiographe en une première version portable de 50 livres et fonctionnant sur une batterie automobile de 6 volts.
- ✓ ***1932 Charles Wolferth et Francis Wood décrivent l'utilisation médicale des dérivations précordiales***. *Wolferth CC, Wood FC. The electrocardiographic diagnosis of coronary occlusion by the use of chest leads. Am J Med Sci 1932;183:30-35*
- ✓ ***1938 L'American Heart Association et The Cardiac Society de Grande Bretagne définissent les positions standards des dérivations précordiales V1 - V6.*** *Barnes AR, Pardee HEB, White PD. et al. Standardization of precordial leads. Am Heart J 1938;15:235-239*
- ✓ ***1942 Emanuel Goldberger ajoute aux dérivations frontales d'Einthoven aVr, aVl, aVf. Ceci lui permet, avec les 6 dérivations précordiales V1 - V6, de réaliser le premier électrocardiogramme sur 12 voies, ce qui est toujours utilisé actuellement…….***

2- ***Définition de l'électrocardiogramme***

L'électrocardiogramme est une projection graphique de l'activité électrique du coeur : c'est une image électrique de l'activité cardiaque. L'activité électrique est captée par des électrodes placées à la surface des téguments. Chaque électrode capte les ondes d'activation selon le plan du coeur qu'elle explore. On utilise deux électrodes de contact reliées par un fil à un galvanomètre mesurant l'intensité des courants électriques pour constituer une dérivation.

Le tracé est effectué sur un papier millimétré et quadrillé.

L'électrocardiogramme est ainsi l'enregistrement sur papier des courants d'action cardiaque transmis à la surface du corps. Par convention, le tracé utilise en abscisse l'échelle de temps qui correspond à la vitesse de déroulement du papier et en ordonnée le voltage.

Grâce au quadrillage, on appréciera l'amplitude des ondes enregistrées d'une part en durée, d'autre part en intensité. Ce quadrillage est par convention d'un millimètre sur un millimètre avec un trait renforcé tous les 5 mm :

1 mm (1 petit carreau) vertical correspond à 1 mvolt.

1 mm (1 petit carreau) horizontal correspond pour un déroulement de 25 mm/sec du papier à 0,04 seconde (soit 0,2 seconde par trait renforcé).

3- ***Les dérivations***

Il existe deux types de dérivations.

Les dérivations frontales ou « Dérivations des membres » : D1, D2, D3, aVR, aVL, et aVF

D1, D2, D3 sont des dérivations bipolaires qui traduisent la différence de potentiel entre deux membres :

D1 : entre bras droit (pôle -) et bras gauche (pôle +)

D2 : entre bras droit (pôle -) et jambe gauche (pôle +)

D3 : entre bras gauche (pôle -) et jambe gauche (pôle +)

- D1,D2, et D3 décrivent ***le triangle d'Einthoven.***

aVR, aVL, et aVF sont des dérivations unipolaires et correspondent au membre avec lequel elles sont connectées soit respectivement le bras droit, le bras gauche, et la jambe gauche. C'est la théorie de Wilson et Golberger, où l'électrode exploratrice positive correspond au membre appliqué. Le voltage est alors amplifié (d'où le préfixe a) pour obtenir un tracé de même amplitude que D1, D2, D3.

L'ensemble des dérivations uni et bipolaires projetées géométriquement représentent un double triaxe avec un centre schématique : le coeur.

On peut déjà apercevoir que les régions explorées par ces dérivations périphériques seront :

D1, aVL : paroi latérale du ventricule gauche

D2, D3, aVF : paroi inférieure

aVR : intérieur des cavités du coeur.

Les dérivations précordiales

Ce sont des dérivations unipolaires fixées en des points définis sur la paroi thoracique désignés par Wilson. On les nomme pour les dérivations standards : V1 à V6

- ✓ V1 est placée sur le 4ème espace intercostal droit, au bord droit du sternum.
- ✓ V2 est placée sur le 4ème espace intercostal gauche, au bord gauche du sternum.
- ✓ V4 est placée sur le 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne médioclaviculaire.
- ✓ V3 est placée entre V2 et V4.
- ✓ V5 est placée sur le 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire antérieure.
- ✓ V6 est placée sur le 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire moyenne.

Il est possible d'utiliser trois dérivations précordiales supplémentaires pour explorer la face postérieure du cœur. Il s'agit de V7 , V8, V9 qui sont à placer sur le 5ème espace intercostal gauche, respectivement sur la ligne axillaire postérieure, sur la ligne médioscapulaire, et sur la ligne scapulo-vertébrale.

De même que pour les dérivations frontales, il est poss ble d'apercevoir les régions explorées par ces dérivations:

- ✓ V1 et V2 : les parois ventriculaires droite et septale.
- ✓ V3 et V4 : les parois antérieures du septum et du ventricule gauche.
- ✓ V5 et V6 : la paroi latérale du ventricule gauche.

III- Electrocardiogramme normal

1- Terminologie et normes

Sur un tracé électrocardiographique, le premier repère est **la ligne isoélectrique**. Elle est la ligne de base correspondant à l'absence de phénomène électrique. Au-dessus de celle-ci, on parle d'onde positive, en dessous, d'onde négative. Une onde peut être aussi diphasique si une partie de celle-ci se situe au-dessus et l'autre partie au-dessous de la ligne isoélectrique. Toutes les ondes se mesurent du début de leur phase initiale, à la ligne isoélectrique.

1.1- *Onde P*

Elle est l'onde de dépolarisation auriculaire.

Elle est de forme arrondie, souvent positive, de fa ble amplitude (1 à 3 mvolts) et de moins de 0,12 seconde en D2.

1.2- *Complexe QRS*

Il correspond à l'activation et à la dépolarisation des ventricules de l'endocarde vers l'épicarde, il est constitué de trois segments :

L'onde Q : première déflexion négative (activation septale).

L'onde R : première déflexion positive (activation pariétale du VG).

L'onde S : défection négative qui suit l'onde R (activation basale du VG).

La durée de l'ensemble QRS varie de 0,06 à 0,1 seconde (3 à 5 petits carreaux) et se mesure du début du QRS jusqu'à la fin de l'onde S ou R, selon le cas.

L'amplitude se mesure en mm et, par convention, une onde d'amplitude < 5 mm s'écrit en minuscules : q, r, s. Cette convention permet de décrire différents aspects : qRS, QrS, QS, RS, rSr'…

Morphologie des QRS dans les dérivations précordiales

Les précordiales droites (V1 à V3)

- Explorent la paroi antérieure du VD et la moitié antéro-supérieure du septum.

- Aspect rS avec augmentation progressive de l'amplitude de r de V1 à V3.

Les précordiales V3-V4

- Explorent la pointe du cœur ou pointe du VG

- Aspect qRs ou qR

Les précordiales gauches (V5 à V7)

- Explorent la paroi latérale dans sa partie basse

- Aspect qRs

L'amplitude des ondes r augmente de V1 à V5, puis diminue de V5 à V7. Inversement l'amplitude des ondes s augmente de V1 à V2, puis diminue de V2 à V7.

Amplitudes des complexes QRS et Indices

	D1	D2	D3	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
R max (mm)	15	-	18	-	11	21	05	20	-	-	31	25	20
S max (mm)	06	-	11	-	14	-	20	25	-	-	10	09	-

Le rapport R/S doit reste :

Inférieur à 1 en V1

Supérieur à 1 en V5 et à 2 en V6

Indice de Lewis : -14 mm < (RD1 + SD3) – (SD1 + RD3) < +17 mm

Indice de Sokolow (Sn = 24%) SV1 + RV5 ou RV6 < 35 mm chez l'adulte de plus de 35 ans

Indice de Blondeau – Lenègre : SV2 + RV7 < 35 mm chez l'adulte de plus de 35 ans

Indice de Cornell (Sn =36%) : RaVL + SV3 < 20 mm (Femme) , < 28 mm (Homme)

1.3- Segment PR

Il correspond à la pause d'1/10e de seconde entre l'activation auriculaire et l'activation ventriculaire, par le passage de l'influx du Noeud auriculo- ventriculaire au faisceau de His. Il se mesure de la fin de l'onde P jusqu'au début du QRS et correspond à 0,03 à 0,04 seconde (moins de 2 petits carreaux).

1.4- Déflexion intrinsécoïde (DI)

Correspond à la fin de la dépolarisation de la paroi myocardique qui fait face à l'électrode exploratrice et donc au temps que met la ***dépolarisation à parcourir le myocarde depuis l'endocarde jusqu'à l'épicarde***. Elle se mesure entre le tout début du QRS et le sommet de l'onde R ou de son dernier crochetage si ce dernier existe.

- Pour les dérivations ***précordiales droites*** (VI, V2, V3), ***la DI normale est de 0.03 s.***
- Pour les ***dérivations gauches*** (V5, V6) ***la DI normale est de 0.055s***.

1.5- Onde T

Elle est la période de repolarisation ventriculaire. C'est l'inhibition de l 'excitation ventriculaire de l'épicarde vers l'endocarde. Elle est asymétrique, d'une branche ascendante légèrement oblique et d'une branche descendante plus abrupte. Son sommet est arrondi avec une amplitude inférieure à 2 mm.

1.6- Segment ST

Il correspond à la période d'excitation uniforme des ventricules jusqu'à la phase de récupération des ventricules. On le mesure de la fin de l'onde S ou R jusqu'au début de l'onde T. Il est normalement horizontal ou légèrement oblique +/- isoélectrique. Un sus-décalage ou un sous-décalage de plus d'1 mm par rapport à la ligne isoélectrique est anormal.

1.7- Onde U

C’est le témoin d’une repolarisation tardive de zones myocardiques d’amplitude inscrite entre celle de l’onde P et de celle de l’onde T. Elle est inférieure à ¼ de l’amplitude de l’onde T.

1.8- Intervalle PR

C’est le temps de conduction auriculo-ventriculaire. C’est le temps nécessaire à l’influx pour dépolariser les oreillettes puis franchir le Noeud auriculo- ventriculaire et le tronc du faisceau de His. Il se calcule à partir du début de l’onde P en allant jusqu’au début du QRS. ***Il est de 0,12 à 0,20 seconde en fonction de la fréquence cardiaque***.

1.9- Intervalle QT

C’est l’intervalle de dépolarisation (QRS), d’excitation (ST) et de repolarisation (T) des ventricules. Il se mesure du début du QRS jusqu’à la fin de l’onde T. Le QT est fonction de la fréquence cardiaque; c’est pourquoi il est préférable d’utiliser le QT corrigé (QTc) qui se calcule avec la formule de Bazett :

QTc = QT / Fc

Le QTc est normalement inférieur ou égal à 0.44 seconde.

2- Calcul de la fréquence cardiaque

2.1- En utilisant la règle à ECG

En mesurant deux cycles à partir de la flèche indiquée sur la règle : On superpose la flèche sur une onde P ou R et on lit la fréquence cardiaque en regard de la deuxième onde P ou R après la flèche.

2.2- La méthode des 300

C’est la plus rapide et la plus utilisée. En prenant pour principe que la fréquence cardiaque se mesure /mn, sur un papier millimétré pour ECG. On repère une onde R coïncidant avec un trait gras et on calcule le nombre de traits gras qui la séparent de la prochaine onde R . ***L’onde R suivante permet d’indiquer la fréquence cardiaque en relation avec le trait gras correspondant.***

Divisera alors 300 par le nombre de traits gras : 300/1……300/2…….300/3…..300/4 …etc.

2.3- La méthode des 6 secondes

Rapide et pratique pour les fréquences lentes ou irrégulières, il faut faire des repères toutes les 3 secondes, soit tous les 15 gros carrés. Deux intervalles (30 gros carrés) représentent 6 secondes. On détermine le nombre de cycles par intervalle de 6 secondes et on le multiplie par 10 pour connaître le nombre de cycles pour 60 secondes soit la fréquence cardiaque par minute.

3- Axe électrique du cœur

L’activité électrique peut être schématiquement représentée par une ligne droite dont la longueur témoigne de la force de déplacement de l’influx, une flèche indiquant la direction : c’est une représentation vectorielle. Le septum et les ventricules ont un grand nombre de vecteurs représentant les activités septale et ventriculaire.

L’addition de tous les vecteurs du septum et des ventricules, en tenant compte respectivement de la force et de la direction, permet de schématiser un vecteur moyen appelé **axe moyen du QRS**.

Pour calculer cet axe, il faut mesurer l’amplitude d’un QRS dans deux dérivations et reporter ces valeurs sur les axes correspondants du cercle trigonométrique afin d'obtenir la résultante vectorielle.

Pour l’amplitude du QRS, il faut additionner la valeur positive de R aux valeurs négatives de Q et S.

- L’axe moyen du QRS normal est compris entre 0 et + 90°.
- L’axe est dit gauche quand l’angle est compris entre 0 et –90°.
- L’axe est dit droit quand l’angle est compris entre +90° et –90°.

4- Méthode d'analyse de tracé

Pour éviter toute erreur, il faut prendre quelques précautions préalables

- ✓ Vérifier le bon étalonnage de l’appareil pour un bon déroulement à la vitesse de 25 mm/s.
- ✓ Contrôler le bon positionnement des électrodes (pas d'électrodes frontales inversées par exemple.)
- ✓ Vérifier la bonne qualité du tracé de l’électrocardiogramme (pas de parasite).

Il faut être rigoureux, systématique et méthodique dans la lecture

- Lire l'E.C.G. dans l'ordre des dérivations de D1 à V6.
- Lire chaque segment de l'E.C.G. de gauche à droite (de l'onde P vers l'onde T)
- Ne pas s'attacher à une anomalie dans une dérivation unique souvent sans valeur.
- Toujours penser que l'E.C.G. correspond à l'activité électrique du myocarde d'une personne, et qu'il est à confronter à la clinique.
- Eviter les pièges liés à des inversions d'électrodes. (Les complexes en aVR doivent être négatifs)
- Ne pas hésiter à refaire un tracé s'il y a un doute ou s'il est parasité.
- Penser à comparer avec un ECG antérieur pour déceler une éventuelle évolution.
- Enfin, toujours avoir en tête ce que peut révéler un ECG.

Ensuite ……

Apprécier l'aspect Général

1- Rythme : Régulier ou non.

2- Fréquence : Normale, Tachycarde ou Bradycarde.

3- Axe QRS : Normal, Droit ou gauche.

Lire les tracés

1- Onde P : *Normale, Hypertrophie Auriculaire.*

2- Segment PR : *Normal, Bloc Auriculo-Ventriculaire.*

3- Complexe QRS : *Fin, Bloc de branche, Onde Q.*

4- Segment ST : *Isoélectrique, Courant de lésion.*

5- Onde T : *Asymétrique, Symétrique, Ischémie.*